

CULTURAS DE COBERTURA ANTECEDENDO O ALGODOEIRO AUMENTAM AGREGADOS BIOGÊNICOS E A PRODUTIVIDADE EM SOLO ARENOSO

Gustavo Ricardo Aguiar Silva¹, Giovanna Maniezzo de Mattos¹,
Cássio Antônio Tormena², Fábio Rafael Echer¹

¹Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, Presidente Prudente – SP; aguiarg.agro@gmail.com, giovannamaniezzo433@gmail.com, fabioecher@unoeste.br. ²Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá – PR; cassiotormena@gmail.com.

PROBLEMÁTICA

A região do Oeste Paulista é predominantemente ocupada por solos arenosos, estruturalmente frágeis e com reduzida retenção e disponibilidade de água. Nestes solos, associada às altas temperaturas, verifica-se a rápida decomposição dos resíduos culturais, reduzindo os teores de matéria orgânica já naturalmente baixos, expondo ainda mais as culturas ao estresse hídrico.

Apesar de ser originária de regiões de baixa disponibilidade hídrica, o algodoeiro é altamente sensível ao déficit hídrico na fase de florescimento. No Oeste Paulista, o algodoeiro é cultivado em sucessão à soja (irrigado) ou como única cultura da safra (irrigado ou em sequeiro). Quando cultivado em sequeiro, práticas de manejo que aumentem a qualidade do solo são essenciais, pois a melhoria da retenção de água é fundamental para o sucesso da cultura no Oeste Paulista, região sujeita a períodos prolongados de seca durante o ciclo da mesma (novembro a maio).

Nesse contexto, a agregação do solo assume papel central na qualidade do solo uma vez que a organização dos agregados, especificamente os biogênicos, governam a retenção de água e a proteção física do carbono orgânico, e as culturas de cobertura antecedendo o algodoeiro constitui a principal estratégia de manejo capaz de estimular a via biogênica devido a presença de sistema radicular ativo no período em que o solo permaneceria descoberto. No entanto, ainda não está claro se, em solos arenosos e sob cultivo de sequeiro, qual composição das culturas de cobertura contribui para o aumento de agregados biogênicos em relação aos fisiogênicos e, se essa alteração, se converte em ganhos de produtividade e de qualidade da fibra do algodão.

CONHECIMENTO PRÉVIO

A adoção de culturas de cobertura são um caminho para viabilizar a produção agrícola em regiões onde se tem solos arenosos e com limitações hídricas. Tendo em vista que o cultivo das culturas de cobertura na entressafra aumenta o estoque de carbono e a matéria orgânica do solo (Raphael et al., 2016), e elas também podem contribuir para a agregação dos solos formando novos agregados.

Os agregados são classificados em: agregados fisiogênicos, formados por processos físicos e químicos e os agregados biogênicos que são formados através da ação de agentes biológicos como minhocas, microbiota e interação entre as raízes das plantas e o solo (Bullock et al., 1985; Pereira et al., 2021). Manejos conservacionistas com culturas de cobertura podem favorecer a formação de agregados biogênicos, os quais podem aumentar o carbono orgânico e a fertilidade do solo (Pinto et al., 2023; Loss et al., 2014).

Em sistemas de manejo sem revolvimento do solo por longo prazo, os ganhos em qualidade do solo têm se refletido em aumento da produtividade do algodão (Nouri et al., 2019). Assim, o objetivo foi avaliar o efeito de uma década de cultivo de culturas de cobertura na

entressafra sobre a formação de agregados biogênicos e fisiogênicos bem como sobre a produtividade e a qualidade da fibra do algodoeiro cultivado num solo arenoso.

DESCRIÇÃO DA PESQUISA

O experimento foi instalado em 2015 na Fazenda Experimental da UNOESTE, em Presidente Bernardes – SP. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com cinco repetições contendo os seguintes tratamentos: 1 – pousio (sem cobertura); 2 – gramínea solteira – *Urochloa spp.* (GS); 3 – gramínea + gramínea – *Urochloa spp.* + milho (G+G); 4 – gramínea + leguminosa – milho + leguminosa (G+L); 5 – MIX de plantas – *Urochloa spp.* + milho + leguminosa.

As culturas de cobertura foram semeadas logo após a colheita da soja e algodão. Na tabela 1 é descrito detalhadamente as culturas cultivadas em de cada ano agrícola.

Tabela 1. Descrição das culturas cultivadas em cada ano agrícola.

Ano		Pousio	GS	G+G	G+L	MIX
2015/16	Safra Entressafra	Soja Milho/Pousio	Soja Ruziziensis	Soja M+R	Soja R+G	Soja M+R+G
2016/17	Safra Entressafra	Algodão Pousio	Algodão Mombaça	Algodão M+E	Algodão A+T	Algodão A+T+M+E
2017/18	Safra Entressafra	Soja Sorgo/Pousio	Soja Ruziziensis	Soja S+R	Soja S+J	Soja S+R+J
2018/19	Safra Entressafra	Algodão Pousio	Algodão Ruziziensis	Algodão R+Mi	Algodão Mi+Mu	Algodão R+Mi+Mu
2019/20	Safra Entressafra	Algodão Pousio	Algodão Ruziziensis	Algodão R+Mi	Algodão Mi+Mu	Algodão R+Mi+Mu
2020/21	Safra Entressafra	Algodão Pousio	Algodão Ruziziensis	Algodão R+Mi	Algodão Mi+Mu	Algodão R+Mi+Mu
2021/22	Safra Entressafra	Algodão Pousio	Algodão Ruziziensis	Algodão R+Mi	Algodão Mi+Cro	Algodão R+Mi+Nabo+Cro
2022/23	Safra Entressafra	Algodão Pousio	Algodão Paiaguás	Algodão P+Mi	Algodão Mi+Mu	Algodão P+Mi+Mu
2023/24	Safra Entressafra	Algodão Pousio	Algodão Paiaguás	Algodão P+Mi	Algodão Mi+Mu	Algodão P+Mi+Mu
2024/25	Safra	Algodão	Algodão	Algodão	Algodão	Algodão

M+R+G = milho + ruziziensis + guandu; R+G = ruziziensis + guandu; M+R = milho + ruziziensis; A+T+M+E = aveia + tremoço + mombaça + estilosantes; A+T = aveia + tremoço; Mo+E = Mombaça + estilosantes; S+R+J = sorgo + ruziziensis + java; S+J = sorgo + java; R+R = sorgo + ruziziensis; R+Mi+Mu = ruziziensis + milho + mucuna; Mi+Mu = milho + mucuna; R+Mi; ruziziensis + milho; R+Mi+Nabo+Cro = Ruziziensis + Milho + Nabo forrageiro + Crotalaria Spectabilis; Mi+Cro: Milho + Crotalaria spectabilis; P+Mi = Milho + Paiaguás; P+Mi+Mu = Paiaguás + milho + mucuna.

Para o estudo em questão, foram coletadas duas sub-amostras de solo com estrutura preservada (10 cm x 10 cm) nas camadas de 0-5 cm e de 5-10 cm de profundidade. As amostras foram secas ao ar e, em seguida, peneiradas em um conjunto de peneiras com malhas de 12,7, 9,5 e 8,0 mm. Os agregados retidos na peneira com malha de 9,5 mm foram selecionados para avaliação. Os agregados foram examinados com uma lupa binocular (10X) e identificados nas classes biogênicas e fisiogênicas a partir de seus padrões morfológicos (Bullock et al. 1985). Após a identificação, foi determinado a contribuição relativa em porcentagem de cada classe de agregados através da massa total dos agregados.

Aos 168 dias após a emergência, o algodão foi colhido de forma manual e todos os capulhos de quatro metros lineares de linhas em cada parcela (área útil) foram colhidos e

contados para determinar a produtividade de fibra, número de capulhos, peso médio de capulhos (PMC) e qualidade de fibra (HVI - High Volume Instrumentals).

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk), homogeneidade (Levene) e de variância (ANOVA) sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) utilizando a plataforma R. Os gráficos foram plotados utilizando o software SigmaPlot versão 10.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na camada de 0-5 cm, os agregados biogênicos foram de 41%, 38%, 34% e 33%, respectivamente para os tratamentos GS, MIX, G+G e G+L, valores superiores ao observado no pousio (15%). O pousio apresentou a maior proporção de agregados fisiogênicos (85%), seguido por G+L (67%), G+G (66%), MIX (62%) e GS (59%). Na camada de 5-10 cm, o tratamento G+G aumentou os agregados biogênicos (34%), superior a todos os demais, exceto o GS (28%); MIX e G+L (26%), embora inferiores a G+G, foram superiores ao pousio (15%). Nessa camada, o pousio novamente apresentou a maior proporção de agregados fisiogênicos (85%), seguido por MIX e G+L (74%), GS (72%) e G+G (66%) (Figura 1).

Esses resultados corroboram os de Lima et al. (2020), que também verificaram aumento dos agregados biogênicos em áreas cultivadas com culturas de cobertura. Esse efeito é atribuído ao estímulo da atividade biológica promovido pelas culturas de cobertura (Thapa et al., 2021), que é fortemente intensificada pela presença de raízes, sobretudo de gramíneas (Batista et al., 2026). Isso explica o maior percentual de agregados biogênicos no tratamento G+G (5-10 cm). As raízes também contribuem diretamente para a formação dos agregados biogênicos durante seu crescimento ao penetrarem os agregados existentes e entrelaçarem outros agregados menores a eles (Pereira et al., 2021). Como os agregados biogênicos apresentam teores de carbono orgânico mais elevados que os fisiogênicos, sua maior formação também favorece o incremento do estoque de carbono no solo (Souza et al., 2024).

Além disso, as culturas de cobertura aumentam o estoque de nitrogênio e boro em solos arenosos (Cordeiro et al., 2022a; Cordeiro et al., 2022b); de forma semelhante, Tiecher et al. (2017) relataram melhoria na ciclagem e na disponibilidade de fósforo e potássio. Esses ganhos em fertilidade tendem a ser potencializados pelo maior conteúdo de água no solo durante a safra em áreas cultivadas com culturas de cobertura (Mendis et al., 2022), condição que favorece a absorção dos nutrientes pelas plantas.

O cultivo do algodoeiro em sistemas de longo prazo com culturas de cobertura traz benefícios à qualidade do solo, refletindo-se em maior produtividade da cultura (Nouri et al., 2019). Esse padrão foi confirmado no presente estudo, em que as culturas de cobertura aumentaram, em média, 42% a produtividade de fibra, resultado do maior número de capulhos por planta. Não foram observados, contudo, efeitos significativos das culturas de cobertura sobre o PMC e sobre a qualidade da fibra (Tabela 1).

APLICAÇÃO PRÁTICA

Conclui-se que o uso de culturas de cobertura a longo prazo, independente das espécies ou combinações utilizadas, associado à ausência de revolvimento do solo, favorece a qualidade estrutural do solo e aumenta aproximadamente 42% a produtividade de fibra, sem, contudo, comprometer ou beneficiar a qualidade da fibra.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP pelo suporte financeiro à bolsa de doutorado (processo 2023/03112-6) do primeiro autor e à Associação Paulista dos Produtores de Algodão – APPA.

LITERATURA CITADA

BATISTA, I.; MACHADO, D. L.; CORREIA, M. E. F.; SPINELLI, M. H. M.; CORÁ, J. E. (2026). Crop sequence effects on the genesis of soil aggregates in no-tillage systems: A focus on biogenic structures. *Soil and Tillage Research*, 257, 106981.

BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G.; TURSINA, T. (1985). Handbook for soil thin section description. Waine Research.

CORDEIRO, C. F. D. S.; RODRIGUES, D. R.; RORATO, A. F. D. S.; ECHER, F. R. (2022a). Cover crops and controlled-release urea decrease nitrogen mobility and improve nitrogen stock in a tropical sandy soil with cotton cultivation. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 46, e0210113.

CORDEIRO, L. F. S.; DOS SANTOS CORDEIRO, C. F.; FERRARI, S. (2022b). Cotton yield and boron dynamics affected by cover crops and boron fertilization in a tropical sandy soil. *Field Crops Research*, 284, 108575.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; COSTA, E. M.; BEUTLER, S. J. (2014). Soil fertility, physical and chemical organic matter fractions, natural ¹³C and ¹⁵N abundance in biogenic and physicogenic aggregates in areas under different land use systems. *Soil Research*, 52(7), 685-697.

LIMA, S. S. D.; PEREIRA, M. G.; SILVA, E. C. D.; FERNANDES, D. A. C.; AQUINO, A. M. D. (2020). Biogenic and physicogenic aggregates under different crops with black oat in Nova Friburgo, Brazil. *Revista Caatinga*, 33(2), 299-309.

MENDIS, S. S.; UDAWATTA, R. P.; ANDERSON, S. H.; NELSON, K. A.; CORDSIEMON II, R. L. (2022). Effects of cover crops on soil moisture dynamics of a corn cropping system. *Soil Security*, 8, 100072.

NOURI, A.; LEE, J.; YIN, X.; TYLER, D. D.; SAXTON, A. M. (2019). Thirty-four years of no-tillage and cover crops improve soil quality and increase cotton yield in Alfisols, Southeastern USA. *Geoderma*, 337, 998-1008.

PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; BATISTA, I.; MELO, T. R. D.; SILVA, E. C. D.; PINTO, L. A. D. S. R. (2021). Biogenic and physicogenic aggregates: formation pathways, assessment techniques, and influence on soil properties. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 45, e0210108.

PINTO, L. A. S. R.; DE SOUSA MORAIS, I.; OZÓRIO, J. M. B.; DE MELO, T. R.; ROSSET, J. S.; PEREIRA, M. G. (2023). Soil aggregation and associated organic matter under management systems in sandy-textured soils, subtropical region of Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(1), 253.

RAPHAEL, J. P.; CALONEGO, J. C.; MILORI, D. M. B.; ROSOLEM, C. A. (2016). Soil organic matter in crop rotations under no-till. *Soil and Tillage Research*, 155, 45-53.

SOUZA, R. S.; DE MORAIS, I. S.; ROSSET, J. S.; DE MELO RODRIGUES, T.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G. (2024). Aggregation as soil quality indicator in areas under different uses and managements. *Farming System*, 2(2), 100082.

THAPA, V. R.; GHIMIRE, R.; ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; MARSALIS, M. A.; SCHIPANSKI, M. E. (2021). Cover crop biomass and species composition affect soil microbial community structure and enzyme activities in semiarid cropping systems. *Applied Soil Ecology*, 157, 103735.

TIECHER, T.; CALEGARI, A.; CANER, L.; DOS SANTOS RHEINHEIMER, D. (2017). Soil fertility and nutrient budget after 23-years of different soil tillage systems and winter cover crops in a subtropical Oxisol. *Geoderma*, 308, 78-85.

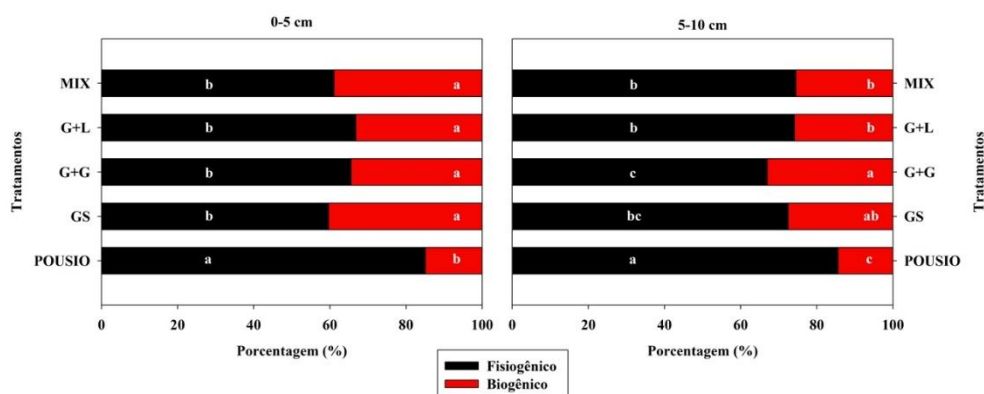


Figura 1. Porcentagem de agregados biogênicos e fisiogênicos em função de diferentes manejos com culturas de cobertura na entressafra do algodão. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 1. Produtividade de fibra, componentes de produção (número de capulhos, peso médio de capulho (PMC) e rendimento de fibra) e qualidade de fibra (micronaire, comprimento, resistência, uniformidade e índice de fibras curtas – IFC) em função de diferentes manejos com culturas de cobertura na entressafra do algodão. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

	Produtividade de Fibra	Capulhos	PMC	RF	Mic.	Comp.	Resis.	Uni.	IFC
Trat.	kg ha ⁻¹	m ⁻²	g	%	ug pol ⁻¹	mm	gf TEX ₁ ⁻¹		%
POUISIO	1330 b	64,9 b	4,8 a	41,6 a	4,5 a	28,6 a	31,3 a	83,2 a	7,4 a
GS	1991 a	89,9 a	5,1 a	43,1 a	4,7 a	28,3 a	32,0 a	82,7 a	7,3 a
G+G	1891 a	95,0 a	4,5 a	42,9 a	4,5 a	28,5 a	32,1 a	83,2 a	7,9 a
G+L	1852 a	94,1 a	4,5 a	43,3 a	4,6 a	27,8 a	31,1 a	82,1 a	8,0 a
MIX	1855 a	89,7 a	4,8 a	42,2 a	4,4 a	28,2 a	32,0 a	82,8 a	6,7 a
CV (%)	8,2	7,5	8,0	2,7	4,4	2,4	5,4	1,1	17,5

PMC: Peso médio de capulho; RF: Rendimento de fibra; Mic: Micronaire; Comp: Comprimento de fibra; Resis: Resistência de fibra; Uni: Uniformidade de fibra; IFC: Índice de fibras curtas; GS: Gramínea solteira; G+G: Gramínea + gramínea; G+L Gramínea + leguminosa; MIX: Mix de plantas; CV: Coeficiente de variação.